

## Využití mobilního laserového skenování při tvorbě, správě a aktualizaci digitální technické mapy

Josef Pazdera, Dušan Stránský

GEOVAP, spol. s r. o., Čechovo nábřeží 1790,  
530 03, Pardubice, Česká republika  
josef.pazdera@geovap.cz

GEOVAP, spol. s r. o., Čechovo nábřeží 1790,  
530 03, Pardubice, Česká republika  
dusan.stransky@geovap.cz

**Abstrakt.** Mobilní mapovací systém LYNX firmy Optech umožňuje rychlé a přesné zaměření okolí laserovým skenováním. Poziční a orientační systém určuje přesnou polohu, náklony a orientaci měřicího vozidla v reálném čase. Okamžitá přesnost určení polohy vozidla je závislá na dostupnosti a kvalitě signálu GPS. Při jeho příjmu činí 0.02 m polohově a 0.05 m výškově. Primárním výstupem měření, které je prováděno z jedoucího automobilu, je georeferencované 3D mračno bodů (miliony bodů). Každý bod může obsahovat i další informace (např. intenzita odrazivosti povrchu nebo barevná informace, pořadí odrazu, ...). Současně pořizované digitální snímky až ze čtyř různých směrovaných kamer slouží k podpoře identifikace objektů v mračnech bodů při jejich vyhodnocování. Jedním z možných využití technologie mobilního laserového skenování je tvorba, správa a aktualizace digitální technické mapy. Mračno bodů je transformováno z WGS84 do S-JTSK a Bpv a pomocí specializovaných softwarových nadstaveb zobrazováno v CAD prostředí (Bentley, AutoDesk ...). Zde je možné vytvářet 3D vektorovou mapu v požadovaném měřítku, na kterém závisí míra generalizace získaných informací. Vytvořená mapa bez problémů vyhovuje dnes požadované přesnosti  $m_{xy} = 0.14$  m,  $m_z = 0.12$  m. Na rozdíl od letecké fotogrammetrie není problém s vyhodnocováním objektů zakrytých např. střešními pláštěmi a vegetací. Při aktualizaci digitální technické mapy je možné doplnit chybějící objekty měření, odstranit starý stav a kontrolovat přesnost stávající mapy.

**Klíčová slova:** mobilní mapovací systém, laserové skenování, mračno bodů, mapování, 3D mapa, digitální technická mapa.

**Abstract.** LYNX Mobile Mapper developed by Optech Incorporated allows for the rapid and precise survey using laser scanning. The position and orientation system determines the accurate position, pitch, heading and roll the survey vehicle in real-time. The accuracy of determining of a vehicle position depends on the availability and quality of the GPS signal. Under good GPS conditions, it is 0.02 m in X,Y and 0.05 m in Z. The primary output from the survey done from a moving vehicle is a georeferenced 3D point cloud (millions of points). Each point can contain additional information (reflectance intensity or color, return classification, etc.). Digital images are acquired using up to 4 cameras simultaneously. Images are used to make true interpretation in the point cloud easier. One of many applications of laser scanning is the creation, administration and updating of a digital technical map. The point cloud is transformed from WGS84 to S-JTSK and Bpv and then displayed in a specialized software solution for CAD (Bentley, AutoDesk, etc.). It is possible to create a 3D vector map in the required scale, which sets the degree of generalization. This map fully complies with today's accuracy needs  $m_{xy} = 0.14$  m and  $m_z = 0.12$  m. There is no problem with the evaluation of objects covered under the roofs or vegetation as compared with aerial photogrammetry. During the update of a digital technical map there is also possibility to fill in missing objects, remove old entities and check the accuracy of existing maps.

**Keywords:** mobile mapper, laser scanning, pointcloud, mapping, 3D map, digital technical map.

### 1 Úvod

Při správě digitální technické mapy se často setkáváme s případy, kdy dodaná data příliš nekorespondují se stávajícími. V těchto případech není jednoduché poznat která verze více odpovídá realitě. V současnosti již je dostupná technologie, na základě které je možné velmi přesně rozhodnout, opravit, či přímo vyhodnotit reálný stav.

## 2 LYNX Mobile Mapper

Již více než rok je možné pořizovat data pomocí LYNX Mobile Mapper. Jedná se o velmi efektivní systém, jež umožňuje skenovat okolí z jedoucího vozidla a to s vysokou přesností a rychlostí. Celý systém se skládá z pozičního a orientačního systému Applanix POSLV 420, dvou až čtyř kamer a dvou až čtyř laserových skenerů.

### 2.1 Applanix POSLV 420

Poziční a orientační systém slouží k určení přesné trajektorie vozidla v reálném čase. Skládá se ze dvou GPS přijímačů, snímače otáček a inerciální měřící jednotky obsahující tři gyroskopy a tři akcelerometry. Během jediné sekundy se ukládá 200 záznamů ze kterých je určena pozice vozidla a jeho náklony a stočení v reálném čase. Přesnost je nejvíce ovlivněna kvalitou GPS signálu, při kvalitním příjmu je střední chyba určení polohy souřadnic XY 2 cm a střední chyba určený výšky 5cm, při ztrátě signálu GPS, kdy je pozice vozidla počítána pouze ze snímače otáček kola a z inerciální měřící jednotky, se přesnost určení polohy mírně zhoršuje.

Tabulka 1. Přesnost Applanix POSLV 420.

	Se signálem GPS	1 min bez signálu GPS
X,Y (m)	0.020	0.100
Z (m)	0.050	0.120
Náklony (°)	0.005	0.020
Stočení (°)	0.020	0.020

### 2.2 Laserové skenery

Použité skenery vycházejí z mnohaletých zkušeností výrobce s leteckými lidary. Od toho se odvíjí především rychlost skenování a schopnost zaznamenat až čtyři odrazy z jednoho pulsu. Zrcátko v každém skeneru se otáčí rychlostí 9000 otáček za minutu a odráží laserový svazek v rozsahu celých 360°. Každou sekundu je vysláno do okolí 200 000 pulsů. Bezpečnost použitého laseru je třídy I., což znamená že laserové záření je naprosto bezpečné a to i při průchodu přes optickou soustavu. Svazek paprsků je neviditelný lidskému oku. Dosah skeneru je 200 m při alespoň 20% odrazivosti povrchu - je tedy možné zaměřit pás o šířce 400 m. Hustotu skenovaných bodů lze jednoduše ovlivňovat změnou rychlosti vozidla.

### 2.3 Kamery

Digitální kamery jsou volitelnými senzory na měřicím vozidle. Jejich počet a natočení je voleno dle požadavků zakázky (např. jedna snímá situaci před vozidlem, druhá snímá situaci za vozidlem). Rychlost zaznamenávání snímků je plně na nastavení obsluhy, s vyšší rychlostí vozidla bývá vyšší frekvence zaznamenávání snímků. Je ovšem nutné počítat s tím, že systém zpracovává a ukládá data ze skenerů, pozičního systému a z kamer, kde datový tok právě z kamer je největší.

Snímky zachycené kamerami slouží jako vhodný doplněk při vyhodnocování mračna bodů nebo přímo k obarvení mračna bodů.

## 2.4 Vlastnosti systému LYNX Mobile Mapper

Primárním výstupem ze systému je mračno bodů ve WGS-84, kde každý bod si nese informaci o intenzitě odrazivosti povrchu, úhel odrazu laserového svazku vůči normále povrchu, počet a číslo odrazu. Data jsou ve formátu \*.las. Při kvalitním GPS signálu je přesnost každého bodu 5 cm. Mračno bodů je možné z pořízených snímků obarvit reálnými barvami.

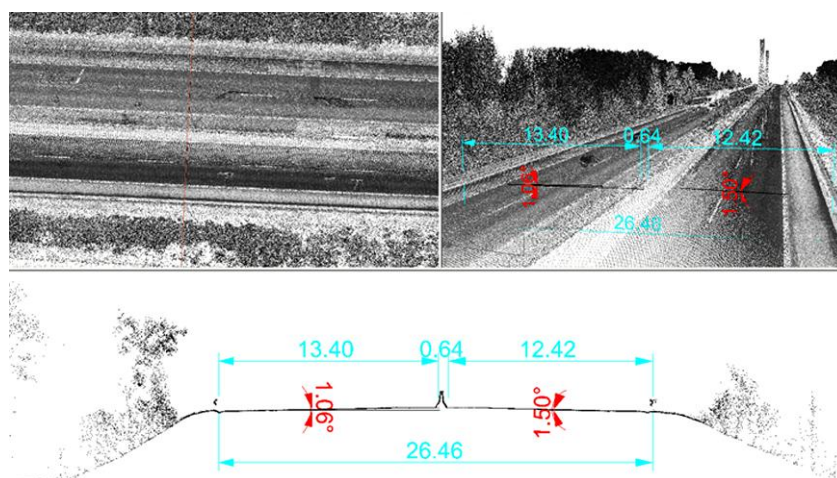


Obr. 1. Mračno bodů v reálných barvách.

Velkou výhodou tohoto systému je jeho rychlost sběru dat. Dle požadavků na hustotu mračna bodů je možné skenovat při rychlosti od 20 do 120 km/h. V praxi to znamená například v zástavbě, kde požadujeme co nejhustší pokrytí body, je možné zmapovat 40 až 80 km za jeden den, zatímco na dálnicích není problém zmapovat až 120 km za jeden den. Za běžný skenovací den lze získat cca 3 miliardy bodů.

Vysoká bezpečnost emitovaného laserového záření umožňuje provádět měření za plného provozu bez jakýchkoli uzavírek. V některých případech, kdy nepotřebujeme snímky z kamer, je možné provádět měření v noci, kdy je provoz minimální.

Získaná data je možné v podstatě ihned použít pro jednoduché aplikace, byť jsou pouze v systému WGS-84 a dalším zpracováním je možné jejich kvalitu ještě zvýšit.



Obr. 2. Snadné a rychlé využití naměřených dat.

## 2.5 Zpracování mračna bodů

**Matching.** V případě méně přesné kalibrace systému, kdy na sebe nenesou zcela přesně mračna bodů pořízená jednotlivými skenery se provádí tzv. *matching*. Na základě ztotožnění vybraných bodů v jednotlivých mračnech bodů dojde k vzájemnému sesazení měření z každého skeneru.

Matching lze také provádět při požadavku na zvýšenou přesnost mračna bodů tak, že ztotožňujeme identické body v mračnu bodů s body zaměřenými přesnými metodami přímo v terénu.

**Transformace.** Mračna bodů transformujeme z WGS-84 do S-JTSK pomocí programu Transform v6 schváleným Českým úřadem zeměměřickým a katastrálním dle ustanovení bodu 9.11 přílohy k vyhlášce č. 31/1995 Sbírky v platném znění. Vzhledem k délce zaměření je nutné používat lokální transformační klíče.

## 3 Tvorba, správa a aktualizace digitální technické mapy

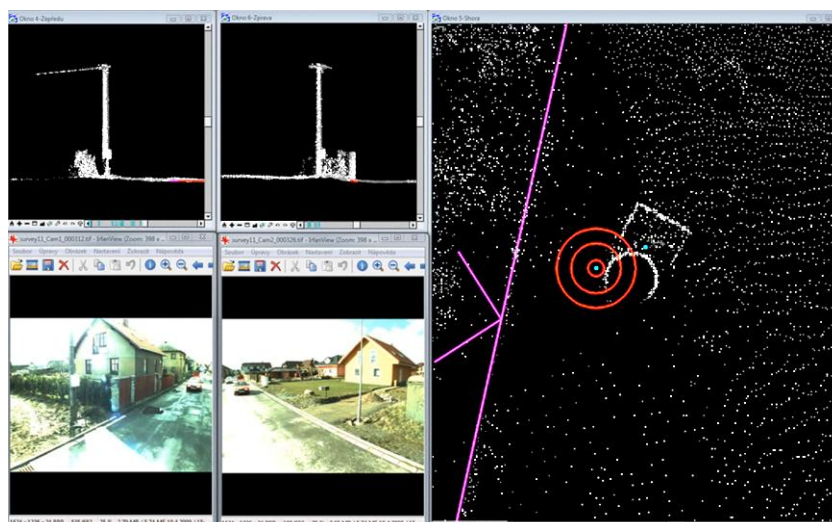
### 3.1 Technická mapa

Technická mapa je dle znění zákona „mapovým dílem velkého měřítko vedeným na prostředcích výpočetní techniky s podrobným zákresem přírodních a technických objektů a zařízení vyjadřující jejich skutečný stav.“ Na rozdíl od mapy katastrální zachycuje skutečné užitkové vztahy v území a je na ní nezávislá, i když v některých liniích může být shodná. Technickou mapu můžeme rozdělit na dvě části:

- *Účelová mapa povrchové situace (ÚMPS)* – obsahuje stavební objekty, budovy, rampy, opěrné zdi, ploty, zpevněné i nezpevněné komunikace, chodníky a zpevněné plochy, vodní toky a plochy, terénní tvary, zeleň, povrchové znaky inženýrských sítí (šachty, sloupy, lampy, rozvodné skříně ...). ÚMPS je získávána přímým měřením veřejných prostranství nebo převzetím jiných podkladů v nepřístupných územích.
- *Inženýrské sítě* – získávají se systémy správců inženýrských sítí a ze zaměření skutečných provedení staveb v rámci kolaudací a oznámení o užívání staveb.

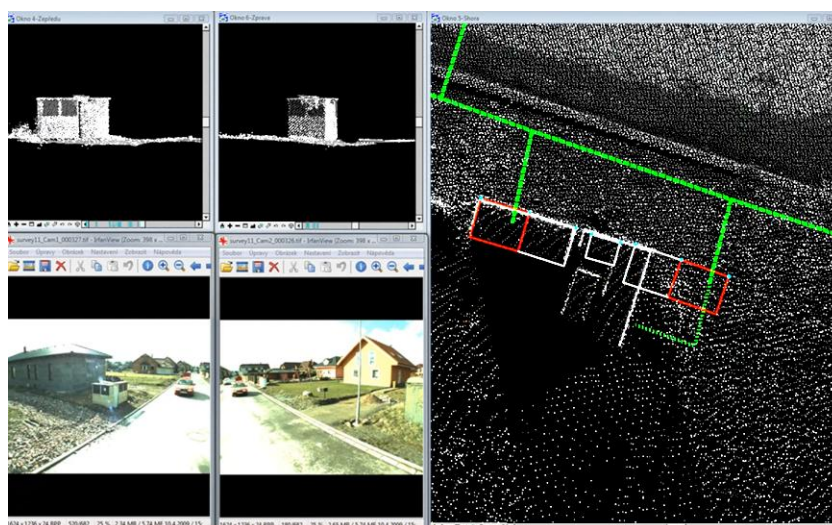
### 3.2 Aktualizace technické mapy

Základem technických map vedených v ČR jsou zejména měření vzniklá při výstavbě inženýrských sítí skupiny ČEZ, skupiny RWE a Telefónica O2 Czech Republic, a.s. Sdružením jejich dat vzniká mapové dílo, které je třeba před jeho využíváním „vyčistit“, tzn. zbavit všech duplicitních prvků, ponechat právě jedno grafické vyjádření pro konkrétní prvek mapy a vyřešit prostory velkých systematických chyb. Vzhledem k tomu, že zaměření probíhá při výstavbě, není často zachycen skutečný stav území, tak jak bude vypadat po dokončení stavebních úprav. Tento stav je možné získat díky spolupráci se stavebními úřady, ovšem komunikace bývá často komplikovaná. Nejeftektivnějším způsobem aktualizace technických map se jeví, v poslední době, sběr dat pomocí mobilního laserového skenování systémem LYNX Mobile Mapper.



Obr. 3. Nepřesné umístění mapové značky.

Mračna bodů jsou po transformaci do systému S-JTSK referenčně zobrazována pod stávajícími daty technické mapy. Na jejich základě je možné doplňovat nové objekty, modifikovat či rušit stávající. Samozřejmě i verifikace stavu a přesnosti technické mapy je nezanedbatelným přínosem při její správě. Snímky pořízené digitálními kamerami během měření nám pomáhají identifikovat, resp. druhově zařadit objekty do vrstev technické mapy.



Obr. 4. Nesoulad mezi mapou a realitou.

### 3.3 Výhody mobilního laserového skenování

Za největší přednosti aktualizace technické mapy pomocí mobilního laserového skenování považujeme rychlost sběru dat, jejich přesnost. Na rozdíl od letecké fotogrammetrie není problém s vyhodnocováním objektů zakrytých např. střešními pláštěmi a vegetací.